



Caracterização de Voçorocas na Ilha do Maranhão
Characterization of Gullies in Maranhão Island

Rafael Sathler¹; Helena Polivanov¹; Antonio José Teixeira Guerra² & Emílio Velloso Barroso¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências – Departamento de Geologia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274 Ilha do Fundão – Cidade Universitária 21.941-916 – Rio de Janeiro - RJ

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências – Departamento de Geografia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274 Ilha do Fundão – Cidade Universitária 21.941-916 – Rio de Janeiro - RJ

E_mails: rafael_sathler@yahoo.com.br; hpolivanov@gmail.com; antoniotguerra@gmail.com; emilio@geologia.ufrj.br

Recebido em: 03/03/2009 Aprovado em: 05/05/2009

Resumo

A erosão dos solos é um problema que além da degradação ambiental, pode envolver riscos de perdas materiais e de vidas humanas, sobretudo em meio a áreas urbanas. Medidas de prevenção ou recuperação são importantes e demandam planejamentos que considerem as particularidades do meio físico e as condições econômicas e sociais do desenvolvimento urbano. Nesse sentido, este estudo apresenta uma caracterização de feições erosivas na Ilha do Maranhão, desenvolvidas em sedimentos da Formação Barreiras, buscando contribuir para sua compreensão causal. Coletaram-se amostras de solo nos taludes das feições erosivas, procedendo-se a ensaios laboratoriais (granulometria, massa específica, limites e parâmetros de consistência, potencial de hidrogênio e mineralogia das argilas), além de ensaios de campo (resistência à penetração e infiltração). Os resultados obtidos revelam predominância de solos em geral arenosos ou siltosos; geralmente não plásticos e predominantemente cauliniticos. Medidas de resistência à penetração e de taxas de infiltração permitiram constatar variações de resistência à compactação e de infiltração de água nos solos, induzidas por diferentes usos, revelando estreitas correlações entre o comportamento dos solos e as atividades humanas.

Palavras-chave: erosão de solos; voçorocas; Formação Barreiras

Abstract

The soil erosion is a significant problem that beyond the environmental degradation, can involve risks of material damage and human lives losses, mainly in urban areas. Prevention or recovery actions are important and demands planning that consider the socio-economic urban conditions and environmental particularities. In that sense, this study presents an erosive features characterization in the Island of the Maranhão, reacting to the large occurrence of the soil erosion in this area, in contribution for its causal understanding. The applied methodology consisted on field analysis, acquisition of representative soil samples, and laboratorial procedures, where the samples were characterized according to their chemical, physical and mineralogical characteristics. The analytical results show that the soils are, in general, very sandy or silty; generally not plastic and predominately kaolinitic. Soil penetration resistance and infiltration taxes were measured and show differences to resistance compacting and soil infiltration, induced for different soil uses, disclosing narrow correlations between the soil behaviour and human activities.

Keywords: soil erosion; gullies; Barreiras Formation

1 Introdução

É preocupante que a erosão de solos, nos dias atuais, esteja se mostrando cada vez mais atuante, em diversas áreas do país, sejam paisagens naturais, propriedades rurais agrícolas ou de pastoreio, e até mesmo centros urbanos, de tamanhos os mais variados. Os danos ambientais e riscos à população e às construções, inerentes a problemas de erosão, são bem conhecidos e relatados por diversos autores, tais como Bigarella & Mazuchowski (1985), Poesen & Govers (1990), Bacellar (2000), Girão (2007), Silva (2008) e Vashchenko *et al.* (2008).

Dentre diversos locais no Brasil, Booth *et al.* (2007) citam a área de São Luís, capital do Estado do Maranhão, revelando que os processos erosivos fazem parte da paisagem urbana e de sua periferia, através da presença de diversas feições erosivas de médio e grande porte. Tais feições são encontradas ao longo de toda a Ilha do Maranhão (Figura 1), e em alguns casos colocam em risco residências e vidas humanas (p.ex., Figura 2).



Figura 1 Localização de feições erosivas na Ilha do Maranhão (modificado de Booth *et al.*, 2007).

Em virtude do risco inerente de degradação ambiental e de perdas materiais e humanas, comuns a feições erosivas desse porte (Sanchez *et al.*, 1987),



Figura 2 Feição erosiva situada em Araçagi, município de Paço do Lumiar (Fotografia: Sathler, R., 2006).

ressalta-se a importância de pesquisas relacionadas à erosão dos solos, com o intuito de apoiar decisões de recuperação de áreas degradadas.

2 Objetivo

Neste trabalho são apresentados e discutidos resultados de caracterização de materiais sedimentares coletados em taludes de quatro feições erosivas de grande porte, situadas em áreas urbanas e peri-urbanas da Ilha do Maranhão. São apresentadas e discutidas análises físicas, físico-químicas e mineralógicas, com o objetivo de contribuir com uma identificação inicial dos fatores e condicionantes envolvidos na dinâmica erosiva local.

3 Caracterização Fisiográfica

A área de estudos corresponde à porção noroeste da Ilha do Maranhão, entre as coordenadas 2°25'00''S a 2°35'00''S e 44°10'00''W a 44°20'00''W (Figura 1).

A Ilha do Maranhão está situada no centro da Planície Flúvio-Marinha do Golfão Maranhense, integrante da Bacia Costeira de São Luís; esta se formou por rifteamento durante o Cretáceo (Eocretáceo-Albiano). Na área prevalecem rochas e sedimentos da Formação Itapecuru e Barreiras respectivamente, cobertas por uma superfície de crosta ferruginosa que acompanha o relevo. Os materiais analisados são sedimentos da Formação

Barreiras, descritos por Rodrigues (1994) como areno-argilosos de coloração róseo-avermelhada, siltitos maciços de cores amarela a ocre, ferruginizados e, ocasionalmente, conglomeráticos, desorganizados, constituindo perfis imaturos, com sedimentos inconsolidados, argilosos, com areias disseminadas, amarelados a avermelhados, com nódulos e blocos de concreções ferruginosas.

Os solos típicos encontrados são autóctones, derivados das rochas e sedimentos do Terciário-Paleógeno e da Formação Barreiras, respectivamente. Maranhão (1998) individualizou os seguintes solos: podzólico vermelho-amarelo concrecionário, gleissolos, areia quartzosa distrófica latossólica e solo indiscriminado de mangue. O solo residual típico caracteriza-se pela alta concentração de ferro nos sedimentos areno-argilosos, argilo-arenosos, e arenosos finos, sendo geralmente capeado por extensas formações de laterita (petroplintitas), cuja gênese está diretamente relacionada com as condições geológicas e do clima tropical.

O clima é tropical chuvoso, com estação seca de inverno, tipo Aw, conforme a classificação de Köppen (Strahler, 1960). A média climatológica para o período de 1961 a 1990 (Figura 3) exhibe um total anual de 2.328mm, com forte sazonalidade, indicando o período chuvoso de janeiro a junho e o período seco de julho a dezembro (LabMet, 2008).

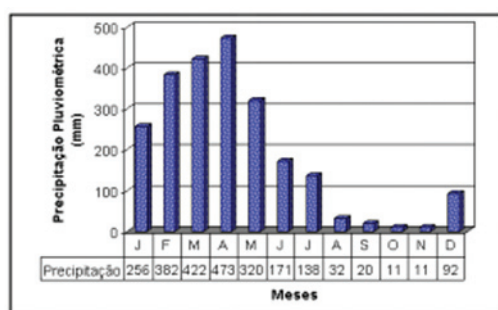


Figura 3 Gráfico de chuvas – média climatológica de 1961 a 1990 para o município de São Luís (Fonte: LabMet).

As formas de relevo encontradas são: planícies flúvio-marinhas de baixas altitudes (0 - 5 m), compostas por extensivos mangues; nos níveis de 20 a 30 metros, as suaves colinas; e tabuleiros nas altitudes de 40 a 60 metros. As feições estudadas

estão em uma das partes mais dissecadas da Ilha do Maranhão, apresentando topos tabulares e subtabulares que decaem para a planície aluvial, conformando barreiras íngremes expostas à ação dos agentes geomorfológicos (Booth *et al.*, 2007).

É comum a todas as feições erosivas a localização em áreas de ocupação desordenada, iniciada e impulsionada em princípios da década de 80 (Ferreira, 1993; Maranhão, 1997). Imagens de satélite de fins da década de 1970 evidenciam terrenos sem ocupação ou de ocupação incipiente, com abertura de loteamentos sem infra-estrutura básica, onde ainda não se observavam feições erosivas de grande porte. Atualmente verifica-se nessas áreas, a proliferação de loteamentos irregulares, sem planejamento urbano e com infra-estrutura urbana parcial, nos quais há esgotamento sanitário, mas não se observa rede de drenagem pluvial nem capeamento de ruas.

4 Metodologia

4.1 Trabalhos de Campo

Dentre as diversas feições erosivas locais, foram selecionadas quatro para estudos detalhados, devido a suas maiores dimensões (Tabela 1) e, conseqüentemente, maiores riscos de degradação ambiental e/ou perdas materiais e humanas que representam.

| Feição Erosiva | Comprimento total (m) | Largura máxima (m) | Profundidade máxima (m) | Posição de largura e profundidade máximas |
|----------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|---|
| Araçagi | 189 | 50 | 16 | Seção central |
| Bacanga | 78 | 16* | 8** | *Cabeceira; **Seção central |
| Coeduc | 143 | 185 | 4 | Seção central |
| Sacavém | 128 | 117 | 7 | Seção central |

Tabela 1 Dimensões das feições erosivas de Araçagi (município de Paço do Lumiar), Bacanga, Coeduc e Sacavém (estas no município de São Luiz), mensuradas em campo em dezembro de 2005.

As feições, identificadas como Araçagi Clube, Bacanga, Coeduc e Sacavém (Figura 1), são estudadas desde 2004, e foram catalogadas em fichas de cadastro de erosão segundo proposições de Iwasa & Fendrich (2002), onde são aferidas informações de morfometria, fenomenologia, interação com área urbana, evolução, e possíveis medidas de combate.

4.1.1 Coleta de Amostras

Para a coleta de amostras, foram abertos de três a cinco perfis ao longo dos taludes das feições. A coleta de amostras deformadas foi realizada observando-se a continuidade de camadas e similaridade de materiais, em intervalos mínimos de meio metro de profundidade, e em menores intervalos, quando necessário para inclusão de todas as camadas individualizadas. Totalizaram 151 amostras distribuídas entre as quatro feições erosivas, sendo 67 em Araçagi, 25 no Bacanga, 24 em Coeduc, e 35 em Sacavém, variando conforme as profundidades das feições.

4.1.2 Infiltração

A taxa de infiltração foi mensurada de acordo com metodologia proposta por Hills (1970), utilizando-se um anel simples inserido na superfície do solo, cujo interior é preenchido com água, e com uma régua mede-se a profundidade da água que infiltra por minuto, durante 30 minutos de observação.

4.1.3 Resistência à Penetração

A resistência dos solos à penetração (RP) foi obtida segundo metodologia descrita por Herrick *et al.* (2002), utilizando-se penetrômetro estático manual com anel dinamométrico, da marca Solotest, de 100kgf de capacidade. O equipamento mede a força aplicada em solos para determinar a capacidade de resistência a cargas variáveis. A resistência de penetração é obtida dividindo-se a carga de penetração obtida, pela área da base do cone.

Foram realizadas medidas de resistência à penetração em todas as feições estudadas, buscando-se determinar comportamentos de resistência das camadas sob condições diferenciadas de cobertura vegetal, uso e compactação.

4.2 Ensaios Físicos

4.2.1 Análise Granulométrica e Massa Específica dos Grãos

Os percentuais granulométricos foram determinados conforme norma da ABNT (1984e),

envolvendo etapas de peneiramento das frações pedregulho e areia, e sedimentação das frações silte e argila; e conforme normas complementares de preparação para ensaios (ABNT, 1986), de peneiras para ensaio (ABNT, 1984d). Na determinação da massa específica dos grãos, empregou-se o método do picnômetro (ABNT, 1984c).

4.2.2 Limites de Consistência

Os limites de consistência do solo referem-se aos teores limites de umidade entre diferentes estados de consistência dos solos. Permitem observar comportamentos diferenciados de um solo sob diversas condições de umidade.

O limite de plasticidade foi determinado conforme norma da ABNT (1984b), e o limite de liquidez conforme norma da ABNT (1984a).

Os dados permitiram definir o Índice de Plasticidade do solo, classificado segundo proposição de Jenkins (Caputo, 1998); bem como o Índice de Atividade Coloidal, este definido como a razão do índice de plasticidade do solo, pela percentagem da fração $< 2 \mu$:

$$IA = \frac{IP}{\% < 2\mu} \quad (1)$$

4.3 Ensaios Físico-Químicos

4.3.1 pH

As mensurações de pH em água e KCl foram realizadas com o intuito de se determinar o grau de acidez ativa medido no extrato do solo, e obedeceu norma proposta pela Embrapa (1997). Visando obter-se a carga do solo, calculou-se o valor de ΔpH por meio da equação:

$$\Delta pH = pH_{KCl} - pH_{H_2O} \quad (2)$$

Classificou-se o solo como neutro ($\Delta pH=0$), eletro-positivo ($\Delta pH>0$), ou eletronegativo ($\Delta pH<0$).

4.4 Ensaios Mineralógicos

4.4.1 Difração de Raios X

A mineralogia da fração argila foi determinada por difratometria de raios-X, utilizando-se difratômetro da marca Rigaku, modelo Geigerflex-2013, com contador proporcional, voltagem de 40 KV, amperagem de 30 mA, tubo de cobre de 1,5 KW, e velocidade de 4s. Foram analisadas pelo menos três amostras por perfil, abrangendo seções de topo, meio e base, buscando-se observar possíveis variações ao longo do perfil.

Para todas as amostras analisadas, a fração argila foi separada por sedimentação, e colocou-se à parte uma amostra de controle, que não passou por qualquer tratamento. Com o restante das amostras, foram realizadas diversas etapas de preparação segundo método preconizado por Jackson (1969), envolvendo a retirada sistemática de quaisquer componentes que interfiram na determinação dos argilominerais, tais como sais solúveis, carbonatos, matéria orgânica e ferro. As amostras analisadas são ricas em ferro, e sua retirada foi necessária em quase todos os casos.

Após o processo de preparo das amostras, foram confeccionadas lâminas orientadas pelo método do esfregaço (Theisen & Harvard, 1962), contando cada amostra com três lâminas: de controle

(*in natura*), glicolada, e aquecida a 550°C. As lâminas glicoladas foram submetidas a atmosfera à vácuo, saturada de etileno-glicol por 4 horas, visando induzir possíveis expansões na estrutura dos argilominerais; as aquecidas a 550°C permaneceram no forno-mufla por 8 horas, visando propiciar possíveis colapsos e/ou destruição da estrutura dos argilominerais.

5 Resultados e Discussões

Os resultados obtidos nos ensaios realizados revelaram, em seu conjunto, amostras muito similares, expondo características muito semelhantes; nesse sentido, convém uma discussão comparativa do conjunto de resultados.

Cumprе ressaltar a predominância da fração areia em todas as feições (Figuras 4 a 7), o que determina a maior representação percentual de classes arenosas (Figura 8). Maiores percentuais de argila são encontrados em Araçagi, onde se observam camadas argilosas plásticas e muito plásticas (tátil) em profundidades abaixo de três metros, com espessuras superiores a um metro. As demais feições apresentam quase a totalidade de amostras com percentuais de argila abaixo dos 25%, bem como altos percentuais de areia fina e/ou silte. Embora nestes casos as camadas argilosas também estejam presentes, são menos representativas, sendo menos espessas.

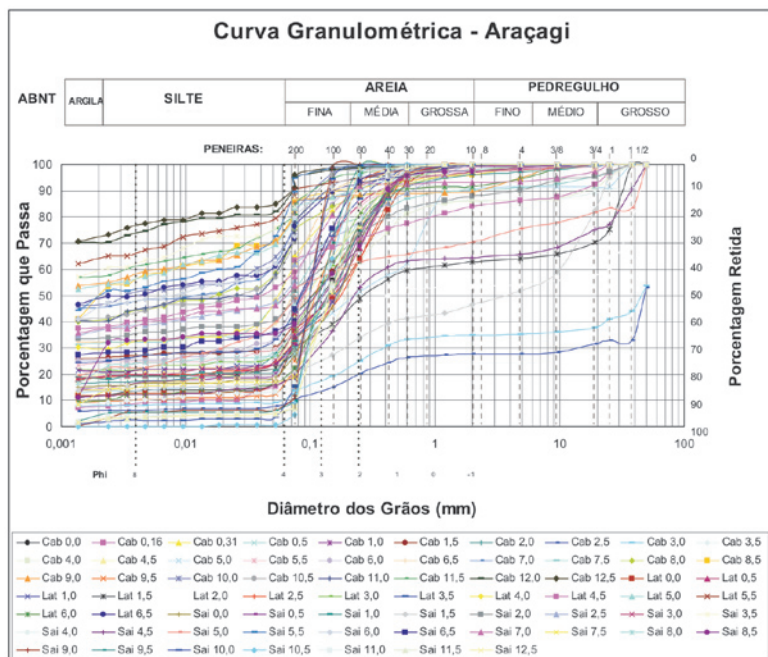


Figura 4 Curvas Granulométricas de Araçagi, localizada no município de Paço do Lumiar.

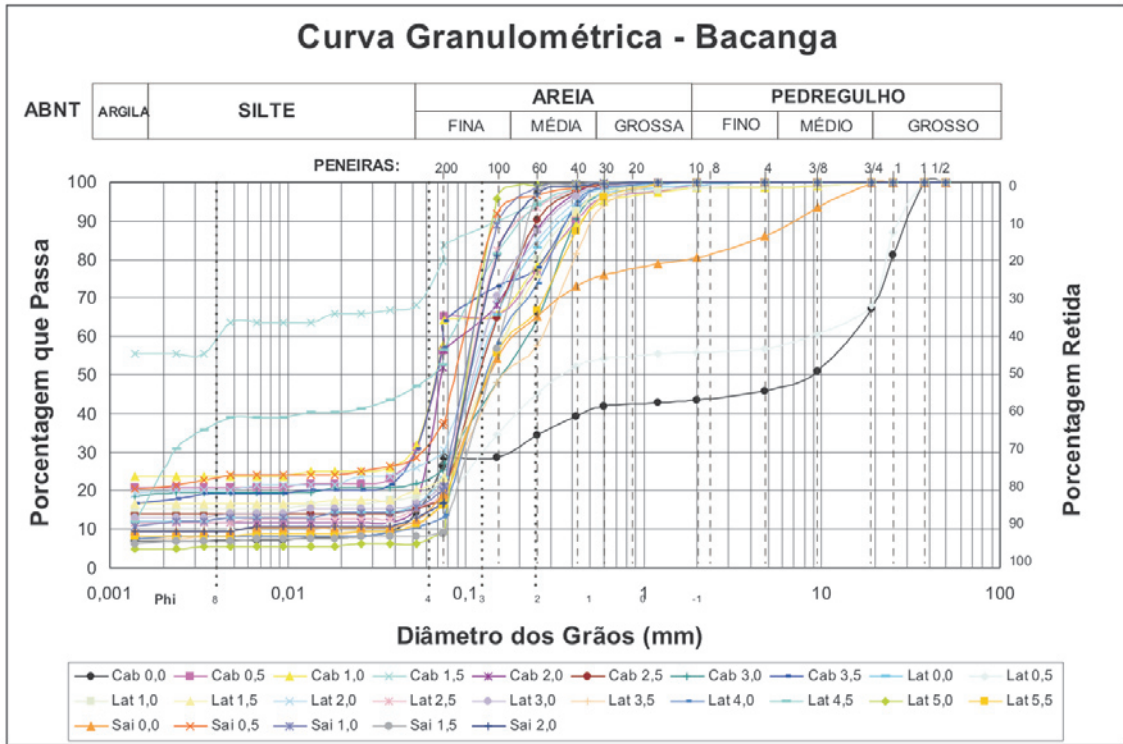


Figura 5 Curvas Granulométricas de Bacanga, localizada no município de São Luís.

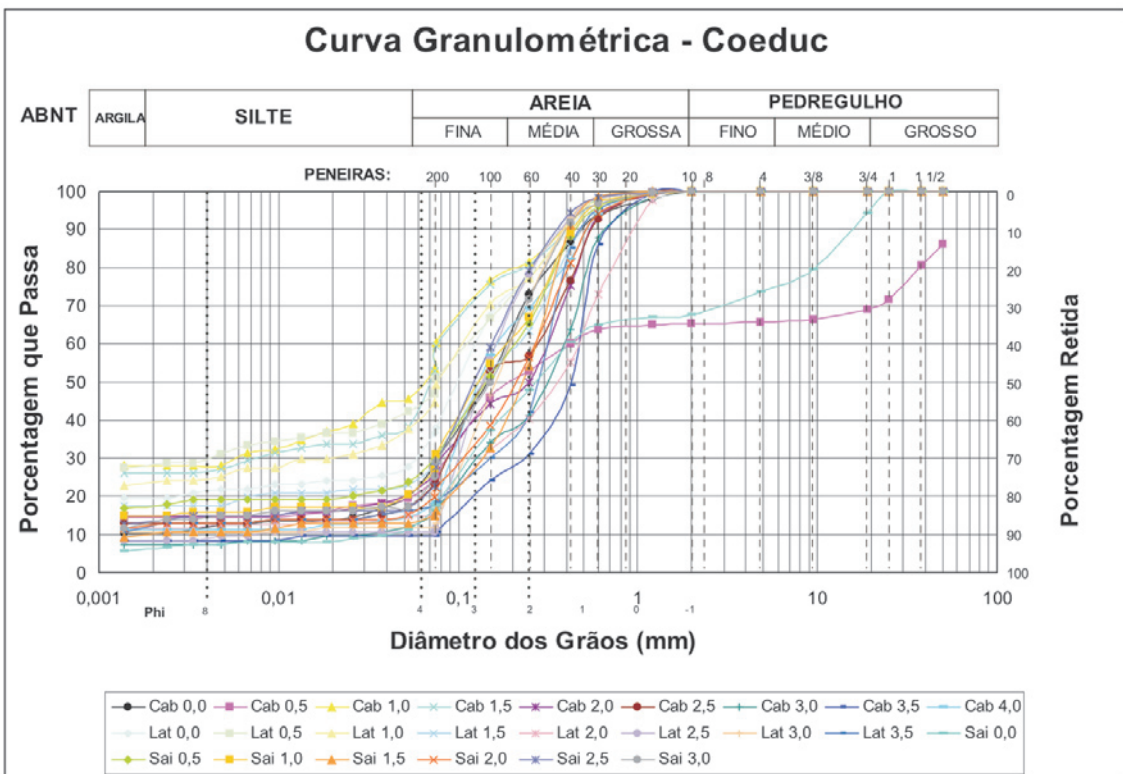


Figura 6 Curvas Granulométricas de Coeduc, localizada no município de São Luís.

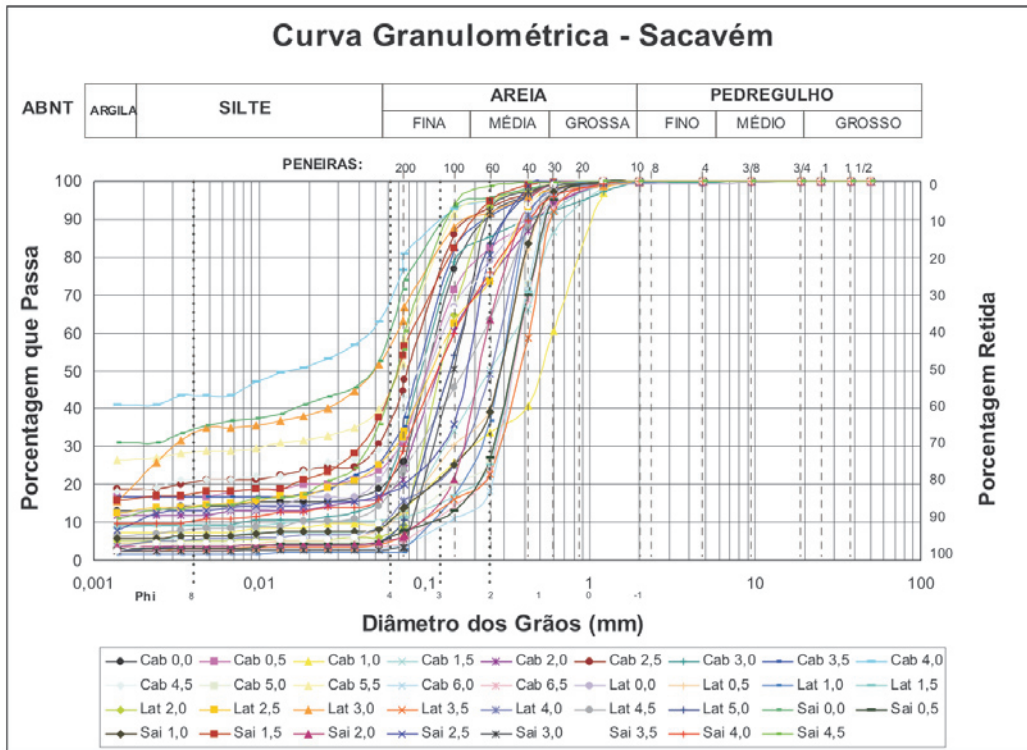


Figura 7 Curvas Granulométricas de Sacavém, localizada no município de São Luís.

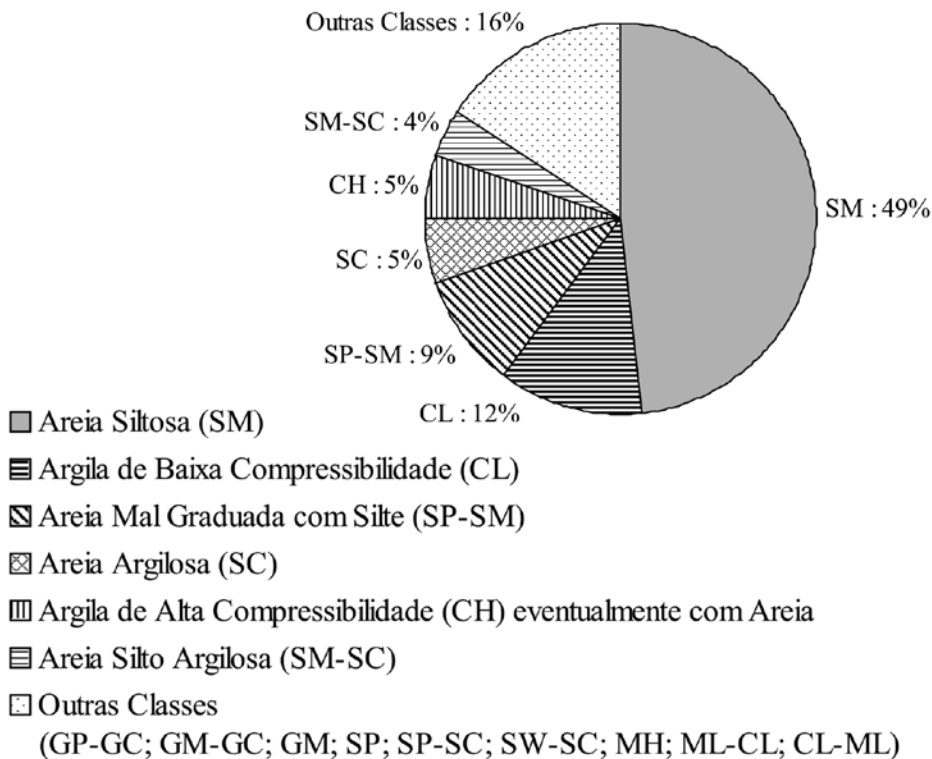


Figura 8 Ocorrência percentual de classes de solos da classificação SUCS, localizados nos municípios de Paço do Lumiar e de São Luís.

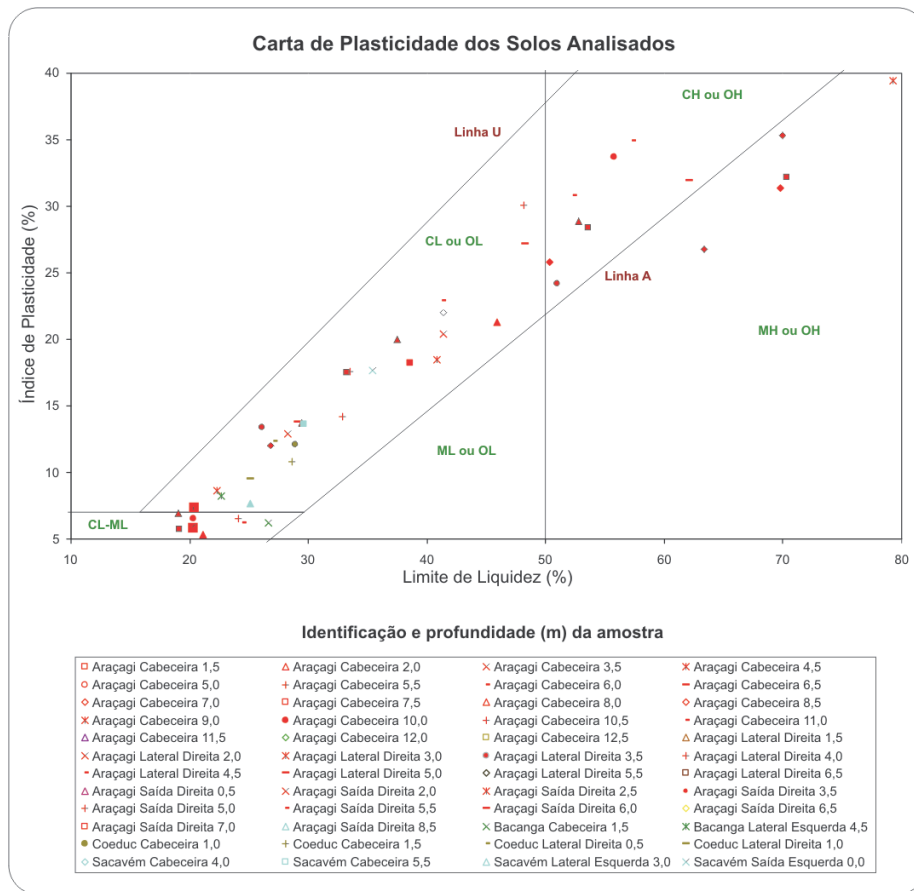


Figura 9 Carta de plasticidade dos solos analisados, localizados nos municípios de Paço do Lumiar e de São Luís.

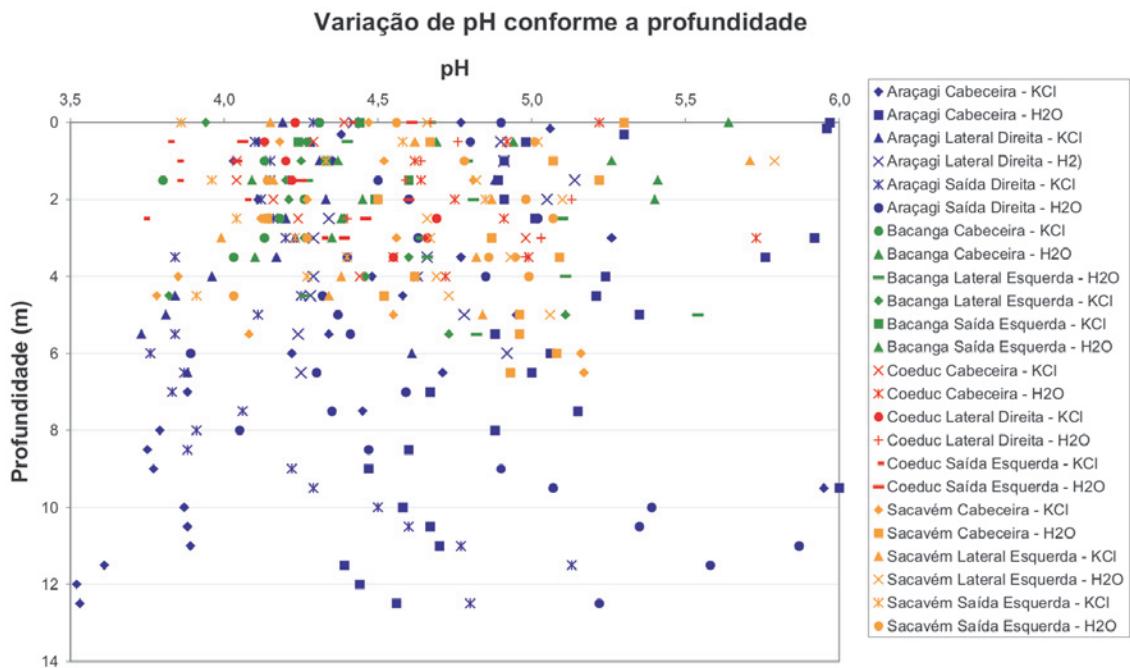


Figura 10 Valores de pH das feições erosivas analisadas, localizadas nos municípios de Paço do Lumiar e de São Luís.

Os resultados referentes aos limites de consistência (Figura 9) revelaram índices de plasticidade coerentes com as distribuições granulométricas. Os materiais arenosos ou siltosos apresentaram índices de plasticidade baixos, classificados em grande maioria como não plásticos. Em camadas com maiores porcentagens de argila, o material geralmente apresenta-se medianamente plástico; somente para a feição erosiva de Araçagi, os níveis mais argilosos corresponderam a materiais medianamente plásticos a altamente plásticos, com limites de plasticidade e liquidez mais elevados.

Os dados de pH (Figura 10) revelaram, para as amostras de todas as feições analisadas, valores muito semelhantes, sem distinções marcantes entre perfis ou mesmo entre feições erosivas. São valores em cloreto de potássio geralmente entre 3,0 e 4,0, e em água geralmente entre 4,0 e 5,0, sendo identificadas como solos ácidos, conforme classificação proposta por Bigarella *et al.* (1996). A determinação da diferença entre os potenciais em KCl e em H₂O (Δ pH) expôs resultados sempre negativos, caracterizando amostras eletronegativas, que indicam predominância de argilas silicatadas e elevada quantidade de alumínio trocável nos materiais analisados.

Resultados de difração de raios-X indicaram mineralogia das argilas semelhante para todas

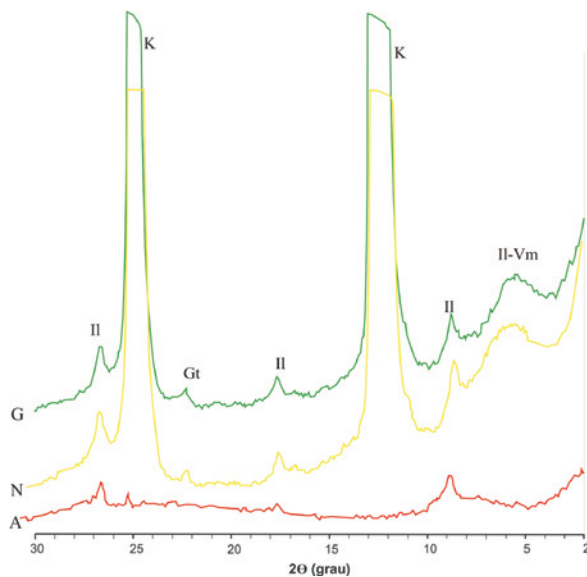


Figura 11: Difratogramas de raios-x da fração argila – Araçagi Cabeceira 12,5m, localizada no município de Paço do Lumiar. K: caulinita; II: ilita; Gt: Goetita; II-Vm: interestratificado de ilita-vermiculita; N: normal; A: aquecida; G: glicolada.

as feições erosivas analisadas (alguns exemplos, Figuras 11 a 14), recorrendo o predomínio das caulinitas em grande quantidade, e ocorrendo ilitas, goetitas, e ilitas-vermiculitas em pequenas quantidades em todos os casos. Pouca distinção pode ser observada entre as feições erosivas, relativa à ocorrência secundária dos minerais – a ilita nas feições de Araçagi e de Sacavém, e a goetita nas demais. A ilita-vermiculita está fracamente presente nos perfis das feições estudadas, indicando valores em geral muito baixos em comparação aos demais minerais, com picos um pouco maiores na feição erosiva de Sacavém; encontra-se presente em quantidade significativa apenas na profundidade de 10 a 12,5m do perfil de cabeceira de Araçagi, na camada mais argilosa dessa feição, conferindo-lhe propriedades expansivas.

Os ensaios de infiltração (Figura 15) indicaram valores iniciais de infiltração elevados, e decréscimo suave em todos os casos. Encontram-se maiores valores em materiais arenosos pouco coesos (aproximadamente 4000 ml em canal de escoamento superficial pluvial) e menores em áreas compactadas por pisoteio ocasional ou constante (quase 1000 ml em área de descarte de resíduos de construção civil em Araçagi e 600ml em camada superficial muito compactada no Bacanga).

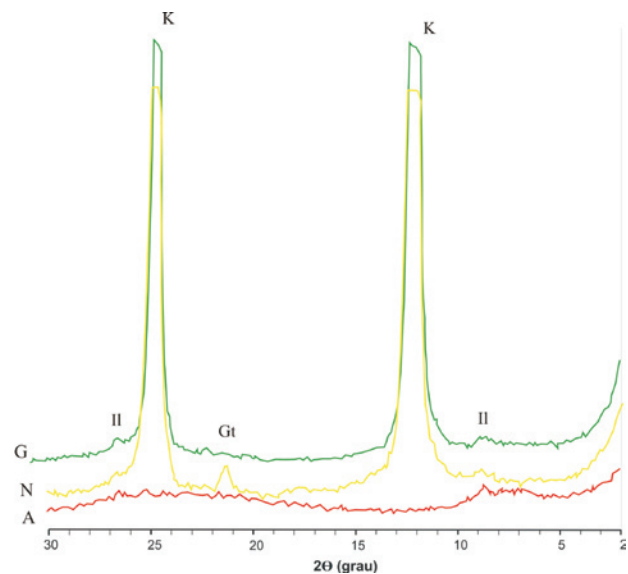


Figura 12: Difratogramas de raios-x da fração argila – Bacanga Lateral Esquerda 3m, localizada no município de São Luís. K: caulinita; II: ilita; Gt: Goetita; II-Vm: interestratificado de ilita-vermiculita; N: normal; A: aquecida; G: glicolada.

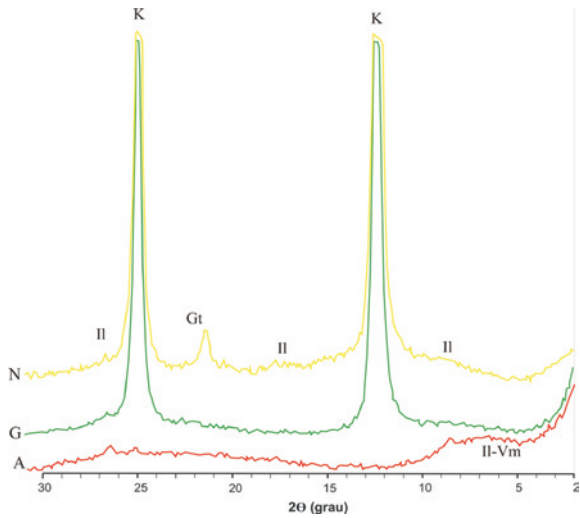


Figura 13: Difratoigramas de raios-x da fração argila – Coeduc Cabeceira 4m, localizada no município de São Luís. K: caulinita; Il: ilita; Gt: Goetita; II-Vm: interstratificado de ilita-vermiculita; N: normal; A: aquecida; G: glicolada.

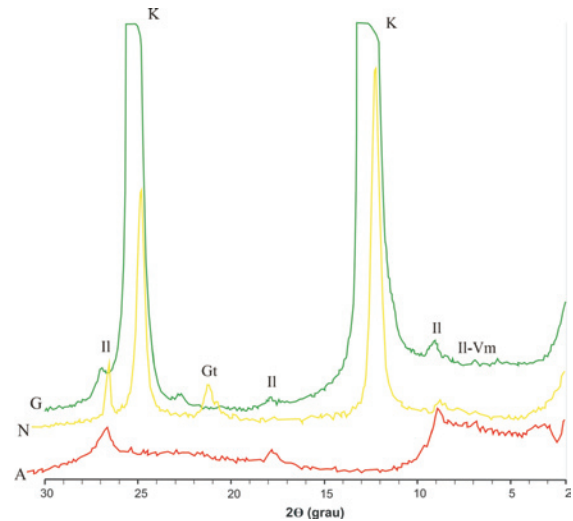
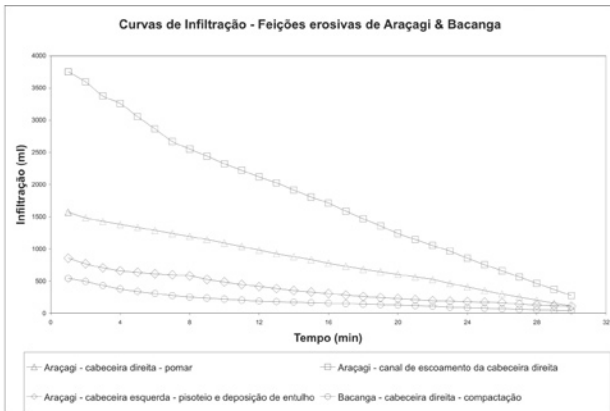


Figura 14: Difratoigramas de raios-x da fração argila – Sacavém Saída 2,5m, localizada no município de São Luís. K: caulinita; Il: ilita; Gt: Goetita; II-Vm: interstratificado de ilita-vermiculita; N: normal; A: aquecida; G: glicolada.



As medições de resistência à penetração indicaram valores geralmente baixos, variando em função da granulometria e do uso do solo, sendo menores em materiais mais arenosos, e maiores nos argilosos ou compactados por pisoteio (Figura 16).

Figura 15 Taxas de infiltração medidas nas feições de Araçagi (município de Paço do Lumiar) e Bacanga (município de São Luís).

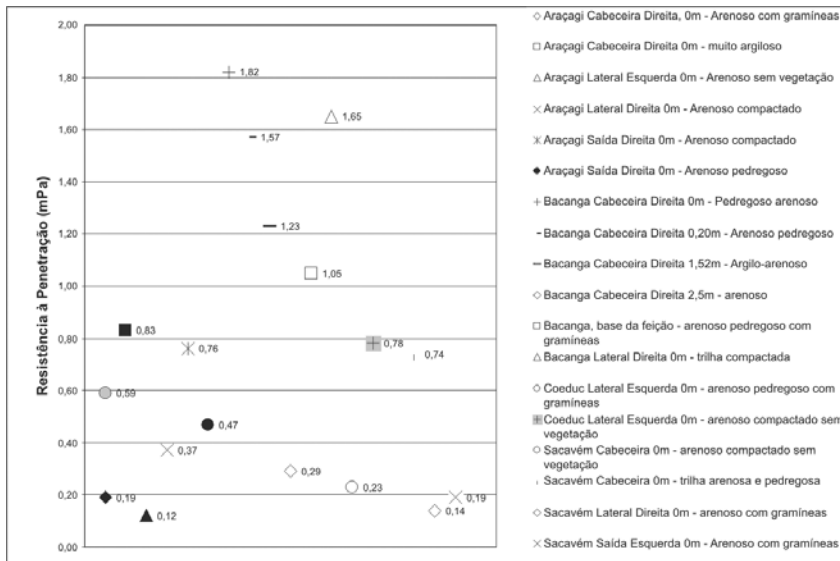


Figura 16 Resistência à penetração (MPa) conforme tipos de materiais e uso do solo.

6 Conclusões

A análise dos taludes das feições erosivas estudadas indicou características recorrentes, que em geral apontam para a suscetibilidade dos materiais à erosão: sedimentos arenosos e siltosos, altas taxas de infiltração, pHs ácidos, e mineralogia das argilas amplamente caulínica.

O acompanhamento da gênese e evolução das feições revelou relações diretas com práticas inadequadas de ocupação e manejo da terra, sobretudo envolvendo direcionamento inadequado de águas de escoamento pluvial. A prática da retirada da vegetação também é danosa, uma vez que expõe os sedimentos superficiais areno-siltosos ou silto-arenosos à ação das águas de escoamento superficial. Em complemento, medidas de resistência à penetração e de taxas de infiltração permitiram constatar variações de resistência à compactação e de infiltração de água nos solos, induzidas por diferentes usos, revelando estreitas correlações entre o comportamento dos solos e atividades humanas.

Os resultados obtidos indicam que a problemática erosiva da área corresponde a uma atuação causal conjunta de solos suscetíveis à erosão, declives consideráveis, e forte concentração de chuvas no verão; aliados a práticas inadequadas de ocupação e manejo da terra.

7 Referências

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1986. Amostras de solo – preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. NBR 6457, agosto.
- _____. 1984a. Determinação do limite de liquidez. NBR 6459, outubro.
- _____. 1984b. Determinação do limite de plasticidade. NBR 7180, outubro.
- _____. 1984c. Grãos de solos que passam na peneira de 4.8mm – Determinação da massa específica. NBR 6508, outubro.
- _____. 1984d. Peneiras para ensaio - especificação. NBR 5734, outubro.
- _____. 1984e. Solo – análise granulométrica. NBR 7181, dezembro.
- Bacellar, L.A.P. 2000. *Condicionantes geológicos, geomorfológicos e geotécnicos dos mecanismos de voçorocamentos na bacia do rio Maracujá, Ouro Preto, MG*. Programa de Pós-graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de doutorado, 240p.
- Bigarella, J. J.; Becker, R. D. & Passos, E. 1996. *Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais*. Florianópolis, Editora da UFSC. 448 p. Vol. 2. 1ª ed.
- Bigarella, J.C. & Mazuchowski, J. 1985. *Visão integrada da problemática da erosão*. Maringá, ABGE / ADEA.
- Booth, C.A.; Fullen, M.A.; Guerra, A.J.T. & Sathler, R. 2007. *The Borassus Project: aims, objectives and preliminary insights into the environmental and socio-economic contribution of biogeotextiles to sustainable development and soil conservation*. In: WIT Transactions on Ecology and the Environment, London, WIT, v.102, p. 601-610.
- Caputo, H. P. 1998. *Mecânica dos Solos e Suas Aplicações - Fundamentos*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora. Vol. 1, 6º ed.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, EMBRAPA/CNPS. 320p.
- Ferreira, A. 1993. *A urbanização e a problemática ambiental em São Luis - MA*. Graduação em Geografia, Universidade Federal do Maranhão. Monografia em geografia, 88 p.
- Girão, O. 2007. *Análise de processos erosivos em encostas na zona sudoeste da cidade do Recife – Pernambuco*. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Tese de doutorado, 305p.
- Herrick, J. & Jones, T.L. 2002. A dynamic cone penetrometer for measuring soil penetration resistance. *Soil Science Society of America Journal*, 66: 1320 –1324.
- Hills, R.C. 1970. The determination of the infiltration capacity of field soils using the cylinder infiltrometer. *British Geomorphological Research Group*, Technical Bulletin, n.º3. 25p.
- Iwasa, O.Y. & Fendrich, R. 2002. *Controle da Erosão Urbana*. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (ed.) *Geologia de Engenharia*. ABGE: São Paulo.
- Jackson, M.L. 1969. *Soil chemical analysis: advanced course*. Madison, University of Wisconsin, 895p.
- Labmet. 2008. Gráfico de chuvas – média climatológica de 1961 a 1990. Extraído de: <http://www.nemrh.uema.br> em 24.08.2008

- Lemos, R.C. & Santos, R.D. 1996. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. Campinas, SBCS/CNPS, 45p.
- Maranhão, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro. 1997. Macrozoneamento diagnóstico ambiental da microregião de aglomeração urbana de São Luís. *Estudo de ocupação espacial e cobertura da terra*. São Luís, SEMA/GERCO, 137 p.
- _____. 1998. Macrozoneamento diagnóstico ambiental da microregião de aglomeração urbana de São Luís e dos municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário. *Estudo de Pedologia e cobertura vegetal*. São Luís, SEMA/GERCO, 186 p.
- Poesen, J. & Govers, G. 1990. Gully erosion in the Loam Belt of Belgium: typology and control measures. In: BOARDMAN, J.; FOSTER, I.D.L. & DEARING, J.A. (eds.) *Soil Erosion on Agricultural Land*. Chichester, John Wiley & Sons Ltd., p. 413-530.
- Rodrigues, T.L.N. 1994. *Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil*: São Luís, Folha SA-23-2-A; Cururupu, Folha SA-23-X-C, escala 1: 250.000, Brasília, CPRM, 185 p.
- Sanchez, M.C.; Mendes, I.A.; Freitas, M.I.C. & Lorenzo Filho, A.V. 1987. Monitoramento de forma de erosão acelerada no córrego Tucunzinho, no município de São Pedro (SP-BR). In: BOLETIM DE GEOGRAFIA TEORÉTICA, 16 (31-34): 276-284. (I Encontro de Geógrafos da América Latina)
- Silva, A.M. 2008. Potencial natural de erosão no município de Sorocaba, São Paulo, Brasil. *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, 8 (1): 93-101.
- Strahler, A. N. 1960. Climate and their classification. *Physical geography*, New York, John Wiley, p. 181-193.
- Theisen, A. A. & Harward, M. E. 1962. A paste method for preparation of slides for clay mineral identification by X-Ray diffraction. *Soil Science of American Proceedings*, 26: 90-91.
- Vashchenko, Y.; Biondi, D. & Favaretto, N. 2008. Erosão causada pela prática do montanhismo na trilha para os picos Camapuã e Tucum – Campina Grande do Sul (PR). *Revista Floresta*, 38 (1):71-87.